

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

LEO LESJAK

UPRAVLJANJE VODOOPSKRBOM POMOĆU
ARDUINO PLATFORME

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2019.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

LEO LESJAK

UPRVLJANJE VODOOPSKRBOM POMOĆU
ARDUINO PLATFORME

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
Trstenjak Jurica, v. pred.

ČAKOVEC, 2019.

ZAHVALA

Ovom prilikom želio bih zahvaliti svojim roditeljima što su mi omogućili studiranje te me svakodnevno usmjeravali svojim primjerom do zacrtanog cilja, a to je uspješan završetak studija.

Također veliko hvala mojim kolegama uz koje je učenje i savladavanje gradiva bilo lakše.

Najiskrenije zahvaljujem svom profesoru i mentoru Jurici Trstenjaku koji mi je pomogao svojim znanjem i savjetima u izvršavanju ovog zadatka, kao i Bruni Palašku koji mi je pomogao postaviti sklopovlje.

Veliko hvala svima koji su bili uz mene tijekom studiranja.

SAŽETAK

U ovom Završnom radu opisan je sustav vodoopskrbe unutar kojeg se komunikacija temelji na Arduino platformi koja se koristi. Sustav ima mogućnost slanja SMS alarmnih poruka i upravljanja mjernim i izvršnim elementima sustava. Dijelovima sustava direktno se upravlja kontrolerima kojima je nadređen računalni sustav za nadzor i upravljanje procesom ispuštanja i distribucije vode. Sustav radi po sljedećem principu. Napravljena je maketa koju čine bunar i vodosprema. Postoji glavna veza između bunara i vodospreme. Bunar koristi crpku s nepovratnim ventilima koji su spojeni na vodospremu. U vodospremi koriste se senzori nivoa (u ovom slučaju sklopke), a podaci o nivou vode u vodospremi šalju se putem alarmnih SMS poruka na pametni telefon. Kod preniskog nivoa vode u vodospremi uključuje se sustav crpljenja vode iz bunara. U realnom vremenu napunjenost vodospreme uvijek mora biti između srednjeg i maksimalnog nivoa kako bi se osigurala dostatna količina vode kod povećane potrošnje ili kriznih situacija. Tako se i u ovom slučaju, sam rad vodoopskrbnog sustava temelji na mjerenju razine vode u vodospremi gdje je instaliran modul koji služi za prikupljanje informacija o napunjenosti vodospreme potrošnji vode koja je transportirana prema naselju. Također, moduli komuniciraju s nadzorno-upravljačkim centrom te šalju SMS poruke na mobitel operatera koji brine o cjelokupnom sustavu vodopskrbe. Za komunikaciju između pametnog telefona i sklopovlja koristi se GSM/GPRS SIM800L modul.

U ovom Završnom radu opisana je tehnološka slika sklopovlja koja se kasnije pretvora u konkretan rad na principu makete (zbog nemogućnosti izvedbe nije se koristila voda). Maketa sadržava sve potrebne dijelove i komponente koje omogućuju krajnju prezentaciju i izvedbu. Problem koji se javlja kod ovakvih sustava je komunikacija između pojedinih dijelova zbog udaljenosti. Iz tog razloga izrađena je maketa koja improvizira rad sustava koji se primjenjuje u realnom vremenu.

Ključne riječi: Arduino platforma, SMS poruke, GSM/GPRS SIM800L modul, nepovratni ventili, crpke

SADRŽAJ

ZAHVALA.....	3
SAŽETAK.....	4
SADRŽAJ.....	5
1. UVOD.....	6
2. ARDUINO.....	7
2.1 Arduino Uno.....	8
2.2 Arduino IDE.....	9
2.3 Razvojno okruženje Arduino Uno.....	10
2.4 Arduino arhitektura sklopovlja.....	11
2.4 Arduino arhitektura sklopovlja.....	12
3. GPRS / GSM MODUL.....	13
3.1 Mini GPRS / GSM SIM 800L modul.....	14
3.1 SIM 800L modul.....	15
3.2 Pinout modul.....	16
4. VODOOPSKRBNI SUSTAVI.....	17
5. DIJELOVI VODOOPSKRBNOG SUSTAVA.....	18
5.1 Izvorišta.....	18
5.2 Vodozahvati.....	19
5.3 Crpne stanice.....	20
5.3 Crpne stanice.....	21
5.4 Uređaji za kondicioniranje vode.....	22
5.5 Vodospreme.....	23
5.5 Vodospreme.....	24
5.6 Vodoopskrbna mreža.....	24
5.6 Vodoopskrbna mreža.....	25
6. SKLOPOVLJE.....	26
6.1 Hidrostatski transmiteri.....	27
6.1 Hidrostatski transmiteri.....	28
6.2 Postupak izrade sklopovlja.....	29
6.3 Komunikacija s pametnim telefonom.....	39
7. ZAKLJUČAK.....	40
8. LITERATURA.....	41
9. PRILOZI.....	42
Prilog 1. Shema spoja Arduino platforme.....	42
Prilog 2. Kod.....	43

1. UVOD

Sustavi za opskrbu naselja pitkom vodom danas su nezamislivi bez upotrebe sklopova koji upravljaju procesima ispumpavanja vode, punjenja vodospremi i distribucije pitke vode prema naseljima. Iz tog razloga u razgovoru s profesorom, a kasnije i mentorom, izrađena je platforma koja prikazuje kako se zapravo u stvarnom svijetu odvija potrošnja vode od spremnika ili bunara do potrošača. Svi mi ponekad se pitamo kako zapravo pitka voda dolazi do naše kuće u kojoj živimo i djelujemo, je li pogodna za piće ili nije. U ovom radu pokušali smo približiti tematiku i samu proceduru protoka vode. Osmislili smo projekat koji se temelji na arduino platformi te ga koristimo za improvizaciju.

2. ARDUINO

Arduino je slobodna (engl. *open-source*) računalna i programska platforma čiju glavnu jezgru čini mikrokontroler koji može primati i slati signale u okolinu i iz okoline. Osim mikrokontrolera ¹sadrži osnovni program (engl. firmware)², U/I pinove ³ te USB⁴ priključak za napajanje i upravljanje. Programiranje mikrokontrolera vrlo je jednostavno i izvodi se iz grafičkog IDE-a koji postoji za Windowse⁵ i Linux⁶ te za OS X. Za arduino postoje mnogi dodaci kao što su senzori za udaljenost, vlažnost zraka, temperaturu, glasnoću, jačinu svjetla te shieldovi⁷ koji sadrže svoje mikrokontrolere pomoću kojih obavljaju zahtjevnije zadaće. Glavne značajke ove platforme su jednostavnost i sloboda u sklopovlju i programskoj podršci.

2.1 Arduino Uno

Prva, a ujedno i jedna od najjednostavnijih verzija je Arduino Uno. Ova jednostavna platforma namijenjena je svim početnicima koji žele upravljati određenim procesima, a nemaju previše znanja o programiranju.

¹ Mikrokontroler – digitalni elektronski uređaj koji se sastoji od procesora, memorije, ulaza i izlaza

² Program (engl. firmware) – osnovni program koji se koristi za upravljanje elektronskim uređajem

³ U/I pinovi (engl. Input/Output) – ulazni / izlazni pinovi služe za komunikaciju i prijenos podataka na vanjske uređaje spojene na mikrokontroler

⁴ USB priključak (engl. Universal Serial Bus) – služi za komunikaciju / napajanje s vanjskim uređajima

⁵ Windows – operacijski sustav tvrtke Microsoft

⁶ Linux – operacijski sustav slobodnog softvera

⁷ Shield – sklop koji se spaja na Arduino i time proširuje njegove mogućnosti



*Slika 1. Arduino Uno, (izvor :
https://cdnreichelt.de/bilder/web/xxl_ws/A300/ARDUINO_UNO_DIP_01.png (22. 04. 2019.))*

Glavne karakteristike Arduino Uno-a :

- Mikrokontroler Atmega328
- Radni napon 5 V
- Ulazni napon 6 V - 20 V
- Ulazni napon (preporučeni) 7 V - 12 V
- Digitalni priključci - 14 (6 ih je PWM)
- Analogni priključci - 6
- Struja prema 5 V pinu - 40 mADC
- SRAM memorija - 2 KB
- EEPROM memorija - 1 KB
- FLASH memorija - 32 KB
- Radna frekvencija - 16 MHz
- Struja prema 3.3 V pinu - 50 mA

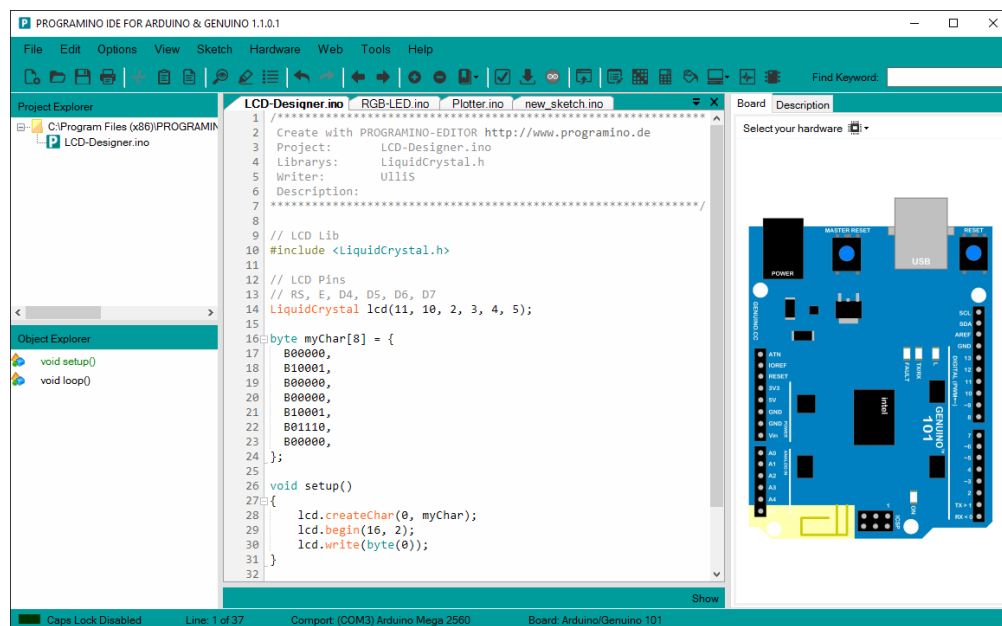
2.2 Arduino IDE

Arduino integrirano razvojno okruženje (engl. *IDE*) napisano je u Javi⁸ i služi za programiranje Arduina. Ima mogućnost provjere grešaka i programiranja koda koji se prebacuje na Arduino pomoću jedne tipke, što nam dokazuje prije spomenutu jednostavnost programske podrške. Podržava C ili C++⁹ programski jezik.

Koristiti dvije različite funkcije:

Setup() – funkcija koja se poziva samo jedanput kad se pokrene Arduino

Loop() – funkcija koja se poziva neprekidno sve dok se Arduino ne ugasi



Slika 2. Arduino IDE, (izvor: <https://programino.com/gallery/programino-ide-for-arduino-scheme.png> (22. 04. 2019.))

⁸ Java – objektno orijentirani programski jezik

⁹ C++ – programski jezik opće namjene s podrškom za objektno orijentirano programiranje

2.3 Razvojno okruženje Arduino Uno

Prof. David Cuartielles i Massimo Banzi zajednički su dizajnirali ugrađeni kontroler Arduino. To je *opensource*¹⁰ i *openhardwer*¹¹ razvojna okolina temeljena na fleksibilnom i za uporabu jednostavnom sklopovlju i programskoj okolini sličnoj Javi ili C-u. Dizajniran je kako bi proces uporabe elektronike u multidisciplinarnim projektima bio jednostavniji. Razvojna okolina Arduino pruža inženjerima, umjetnicima, dizajnerima i svim ostalim korisnicima jednostavno i jeftino sučelje za stvaranje kreativnih i korisnih projekata. Nove vrste projekata sada se mogu izgraditi i kontrolirati računalom čak i ako niste stručnjak za mikroupravljače.

Modul za napajanje odgovoran je za konstantan istosmjerni napon od 5 V preko USB sučelja ili vanjskog adaptera gdje napon smije biti u granicama od 7 do 12 VDC. Modul za programiranje odgovoran je za prebacivanje programskog koda u mikroupravljač preko UART¹² komunikacijskog sučelja na računalu. Memorijski modul upravlja EEPROM¹³, SRAM¹⁴ i Flash¹⁵ korištenom memorijom. Modul za obradu podataka koristi Atmel Atmega328P¹⁶ mikroupravljač koji je odgovoran za analizu i obradu podataka. On također kontrolira rad svake komponente i upravlja izlaznim naponom svakog pina na Arduino razvojnoj okolini.

¹⁰ *OpenSource* - odnosi se na model otvorenog koda u kojem se open-source softver ili drugi proizvodi izdaju pod licencom otvorenog koda kao dio pokreta otvorenog koda.

¹¹ *Openhardwer* - sastoji se od fizičkih svojstava tehnologije dizajniranih i ponuđenih pokretom otvorenog dizajna

¹² UART komunikacijsko sučelje – asinkrono i sinkrono primanje takta (engl. Baud Rate Generator)

¹³ EEPROM (engl. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) – električno izbrisiva programibilna ispisna memorija

¹⁴ SRAM (engl. Static *random-access memory*) – koristi se za cache memorije ili za računala gdje je brzina osnovni cilj

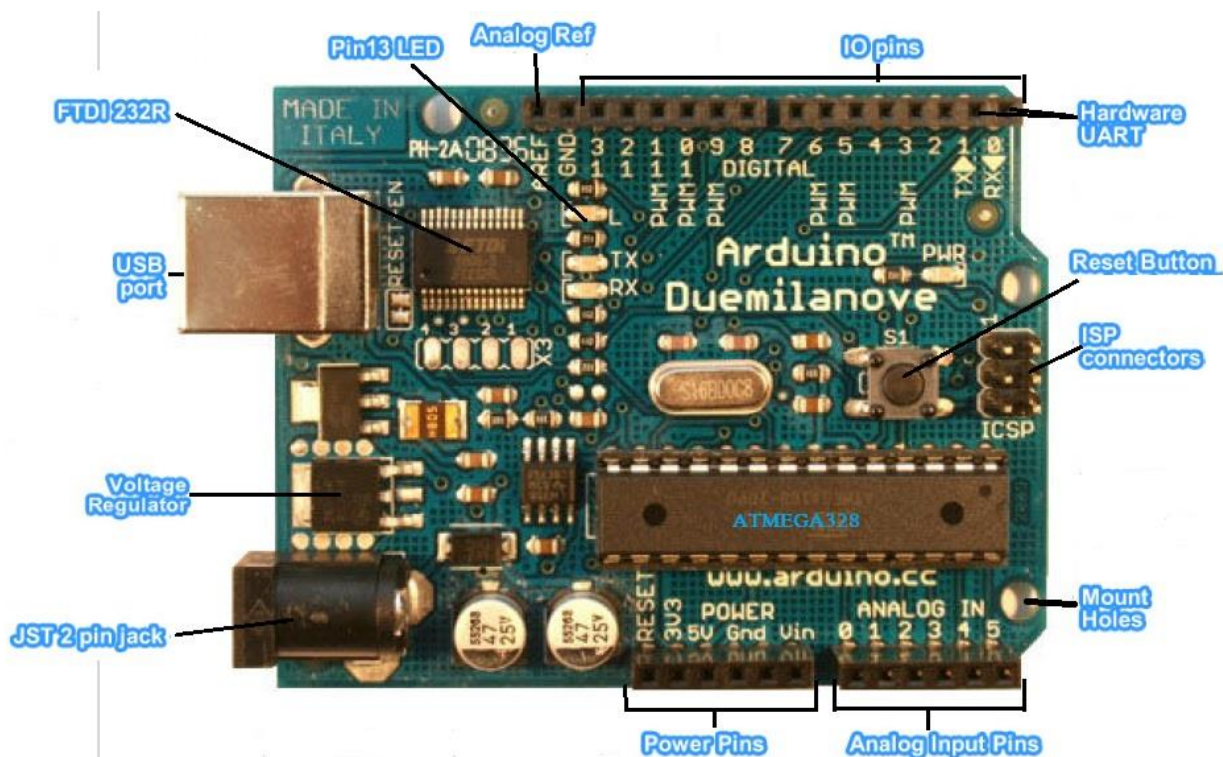
¹⁵ FLASH memorija – koristi se tamo gdje je bitno da su podaci pohranjeni na fizički što manjem mediju (npr. MP3 player, USB stick...)

¹⁶ Atmel Atmega328P – je 8-bitni mikrokontroler visokih performansi koji kombinira flash memoriju s mogućnostima čitanja i pisanja. Uređaj radi između 1.8 do 5.5 V, uravnotežujući potrošnju energije i brzinu obrade

2.4 Arduino arhitektura sklopovlja

Razvojna okolina Arduino UNO R3 sadrži 14 digitalnih ulaza / izlaza, 6 analognih ulaza / izlaza i podržava USB prijenos podataka. Ima ugrađen mikroupravljač ATmega328P koji radi s naponom od 5 volti. Najveća dopuštena struja na ulazno / izlaznim nožicama je 40 mA (miliampera) i svaka nožica ima ugrađeni unutarnji pritezni otpornik (engl. *Pull-upresistor*) veličine 20 do 50 k Ω .. Flash memorija veličine je 32 KB (kilobajta) od čega je 0,5 KB rezervirano za program kojim se učitavaju vlastiti programi (engl. *bootloader*). Brzina procesora je 16 MHz, a količina SRAM memorije je 2 KB. Napaja se preko USB sučelja računala (preko kojega dobiva napon od 5 V i struju od maksimalno 500 mA) ili preko vanjskog napajanja (najpogodnije vanjsko napajanje je 9 V baterija).

Kroz digitalne ulaze korisnici mogu povezati različite elektroničke uređaje kao što su LED, senzori, zvučnici, monitori i slično te ih zatim kontrolirati mikroupravljačem. Kao što je prikazano na slici 3., arhitektura sklopovlja Arduina uglavnom se sastoji od modula za napajanje, modula za programiranje, memorijskog modula i modula za obradu podataka.



Slika 3. Arduino arhitektura sklopovlja, (izvor : http://2.bp.blogspot.com/Si3_Q3VxrrE/TD7LgKgZrmI/AAAAAAAAADQ/IVCKV40-AdA/s1600/arduino.jpg (22. 04. 2019.))

3. GPRS / GSM MODUL

GPRS / GSM modul je proširenje koje se spaja na Arduino. Omogućuje komunikaciju Arduina s udaljenim uređajem (tablet ili mobilni uređaj koji će se primijeniti u ovom radu) preko SMS poruke, poziva i GPRS-a. Za konfiguriranje i upravljanje koristi UART jednostavnim AT13 naredbama. Potrebna mu je struja viša od 2 A, stoga zahtijeva dodatno napajanje. Temelji se na SIM800L modulu koji omogućuje rad na 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz. SIM kartica koju koristi mora biti otključana.

Glavne karakteristike GPRS / GSM modula :

- Niska potrošnja struje 1.5 mA (u mirovanju)
- Radna temperatura -40 °C – +85 °C
- Napajanje 9 V
- Ulaz za mikrofoni i slušalice
- Držač SIM kartice i GSM antena
- GSM frekvencije 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz



Slika 4. GPRS / GSM Modul , (izvor :

http://www.electronics.com/estore/media/catalog/product/cache/1/thumbnail/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/3/_/3_7_6.jpg (24. 04. 2019.))

3.1 Mini GPRS / GSM SIM 800L modul

SIM800L je minijaturni stanični modul koji omogućuje GPRS ¹⁷prijenos, slanje i primanje SMS poruka te upućivanje i primanje glasovnih poziva. Niska cijena i mala površina te frekvencijska podrška čine ovaj modul savršenim rješenjem za bilo koji projekt koji zahtijeva dalekosežnu povezanost. Nakon povezivanja pokretačkog modula, traži mobilnu mrežu i prijavljuje se automatski. LED žaruljica na ploči prikazuje stanje veze.

Glavne karakteristike GPRS / GSM SIM 800L modula :

Napon napajanja: 3.8 V - 4.2 V

Preporučeni napon napajanja: 4 V

Potrošnja energije:

- način mirovanja < 2.0 mA
- u stanju mirovanja < 7.0 mA

GSM prijenos (prosjek): 350 mA

GSM prijenos (pogled): 2000 mA

Veličina modula: 25 x 23 mm

Sučelje: UART¹⁸ (max. 2.8 V) i AT naredbe¹⁹

Utičnica za SIM karticu: microSIM (donja strana)

Podržane frekvencije: Quad Band (850/950/1800/1900 MHz)

Priključak za antenu: IPX

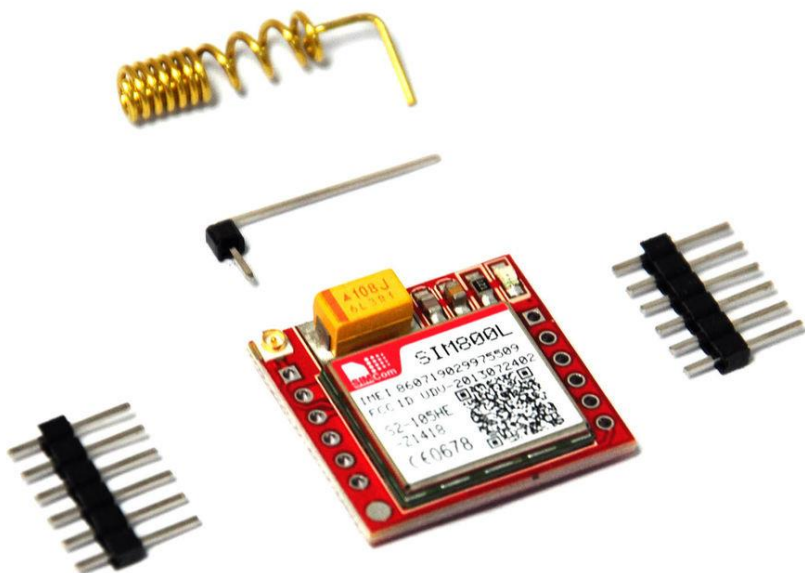
Signalizacija statusa: LED

Raspon radne temperature: -40 do + 85 °C

¹⁷ GPRS (engl. General Packet Radio Service) – bežična podatkovna komunikacijska usluga

¹⁸ UART (engl. Universal Asynchronous receiver/Transmitter) – uređaj koji prevodi podatke između paralelnih i serijskih oblika

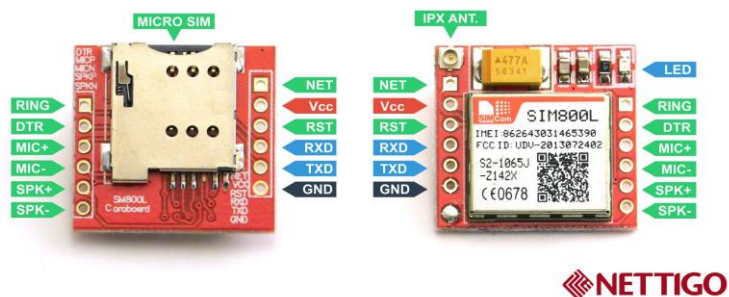
¹⁹ AT naredbe – koriste se za kontrolu i postavljanje modema



Slika 5. SIM 800L modul, (izvor :

<http://i.ebayimg.com/images/i/171770510546-0-1/s-l1000.jpg> (24. 04. 2019.))

3.2 Pinout modul



Slika 6. Pinout modul, (izvor:

<https://nettigo.eu/system/images/1935/original.jpg?1479816092> (24 .04. 2019.))

RING - LOW - stanje tijekom primanja poziva

DTR - način mirovanja. Zadano u stanju HIGH (modul u stanju mirovanja, serijska komunikacija je onemogućena). Nakon postavljanja u LOW modul će se probuditi.

MICP, MICN - mikrofona (P+ / N-)

SPKP, SPKN - zvučnik (P+ / N-)

NET - antena

VCC - napon napajanja

RESET - resetiranje

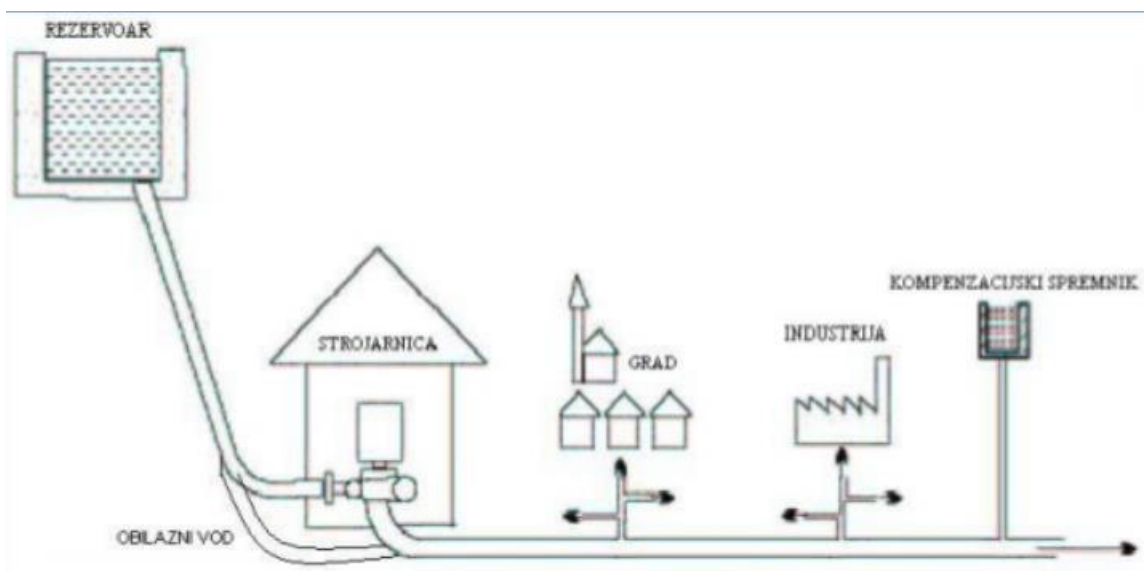
RXD - serijska komunikacija

TXD - serijska komunikacija

GND - tlo

4. VODOOPSKRBNI SUSTAVI

Vodovod ili vodoopskrbni sustav je građevina, uređaja i instalacija namijenjen opskrbi vodom stambenih naselja, industrije, a dijelom i poljoprivrede. Njime se vode zahvaćaju, pročišćavaju, dovode do mjesta potrošnje i raspodjeljuju. S obzirom na raspoložive i potrebne količine vode grade se komunalni i regionalni vodovodi. Komunalni vodovodi opskrbljuju jedno mjesto ili grad s prigradskim naseljima. Regionalni vodovodi grade se u područjima gdje nema dovoljno vode u blizini svakoga naselja, pa se voda zahvaća na jednome mjestu u regiji i provodi do više naselja. Prema načinu pogona, to jest ostvarivanja potrebnoga tlaka vode, vodovod može biti gravitacijski, tlačni ili mješoviti.



Slika 7. Princip rada vodoopskrbnog sustava, (izvor:

<https://image.slidesharecdn.com/malehidroelektrane-130228034758-phpapp01/95/male-hidroelektrane-16-638.jpg?cb=1362025677> (25. 04. 2019.))

5. DIJELOVI VODOOPSKRBNOG SUSTAVA

5.1 Izvorišta

Izvorište je lokacijski definiran dio prostora s kojega se mogu dobiti određene količine vode namijenjene vodoopskrbi. Izbor izvorišta složen je i zahtjevan posao jer njegove osobine imaju veliki utjecaj na investicijske i pogonske troškove vodoopskrbnog sustava.

Svako vodoopskrbno izvorište treba osigurati:

1. potrebne količine kvalitetne vode, uzimajući u obzir porast broja stanovnika, odnosno porast potrošnje vode;
2. neprekidnost vodoopskrbe
3. sanitarno – higijensku sigurnost kvalitete vode
4. što manje investicijske i pogonske troškove dobivanja vode
5. uklapanje u vodno gospodarenje šireg područja.

Važnost izvorišta ovisna je o kvaliteti i količini vode!

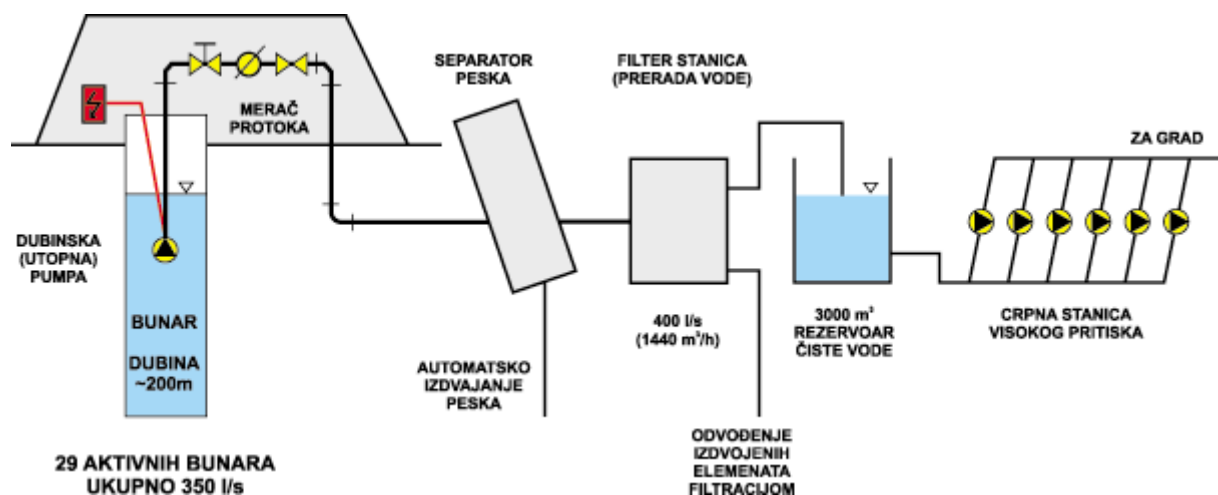
Po prirodi porijekla vode izvorišta se dijele na:

1. atmosferska izvorišta
2. površinska izvorišta
3. podzemna izvorišta

5.2 Vodozahvati

Vodozahvati su građevine koje omogućuju zahvaćanje vode iz izvorišta i njeno usmjeravanje prema potrošačima. Vrsta vodozahvata ovisi o karakteru izvorišta, pa se razlikuju:

1. vodozahvati atmosferskih izvorišta
2. vodozahvati površinskih izvorišta
3. vodozahvati podzemnih izvorišta



Slika 8. Shema vodozahvata, (izvor:

http://www.vodovodsu.rs/static/upload/delatnosti/tehn_proces.gif (25. 04. 2019.))

5.3 Crpne stanice

Crpna stanica je građevina s pripadnom elektrostrojarskom opremom kojom se voda crpi i podiže (potiskuje) na tlačnu visinu potrebnu za osiguranje zahtjevnije raspodjele vode potrošačima. Crpne stanice koriste se u sustavima sa slabim energetske potencijalom između izvorišta i vodoopskrbnog područja.

Crpnu stanicu čine :

1. crpke (crpni agregati)
2. crpni spremnik
3. strojarnica
4. komandna prostorija

Crpka je osnovni element crpne stanice koji zajedno s pogonskim strojem (elektromotorom) čini crpni agregat. U vodoopskrbi uglavnom se koriste se centrifugalne crpke koje rade na principu transmisije centrifugalne sile na masu vode u energiju njenog strujanja (dizanja) kroz cjevovod. Kapacitet crpki kreće se od nekoliko do više stotina litara u sekundi, uz visinu dobave do više stotina metara.



Slika 9. Crpna stanica koja se koristi za ispumpavanje vode u Međimurskim vodama,

(izvor :

https://www.saerelettropompe.com/imageserver/product_thumbnail/perc_100/files/immagini/slideshows/Products/60/XS181.jpg (25. 04. 2019.))

5.4 Uređaji za kondicioniranje vode

Kondicioniranje vode proces je kojim voda poprima svojstva pitke vode i koncentracije tvari ispod maksimalno dopuštenih vrijednosti. Kondicioniranje vode neophodno je ako se utvrdi da izvorišna voda ne odgovara propisanim standardima kvalitete.

Postupkom kondicioniranja vode izvodi se:

1. uklanjanje lebdećih tvari iz vode (smanjenje mutnoće)
2. uklanjanje tvari koje uzrokuju njenu obojenost iz vode
3. uklanjanje otopljenih plinova (degazacija) i ukupnih soli (desalinizacija) iz vode
4. uništavanje patogenih mikroorganizama (dezinfekcija)

Poboljšanje kvalitete vode provodi se na objektima s pripadajućom elektrostrojarskom opremom koje zajednički nazivamo uređaji za kondicioniranje vode.

Od postupaka dezinfekcije pitkih voda najzastupljeniji su:

1. dezinfekcija klorom i njegovim derivatima (jedina korištena dezinfekcija u Međimurskim vodama)
2. dezinfekcija ozonom
3. dezinfekcija ultraljubičastim zrakama

5.5 Vodospreme

Vodospreme su građevine čije su funkcije:

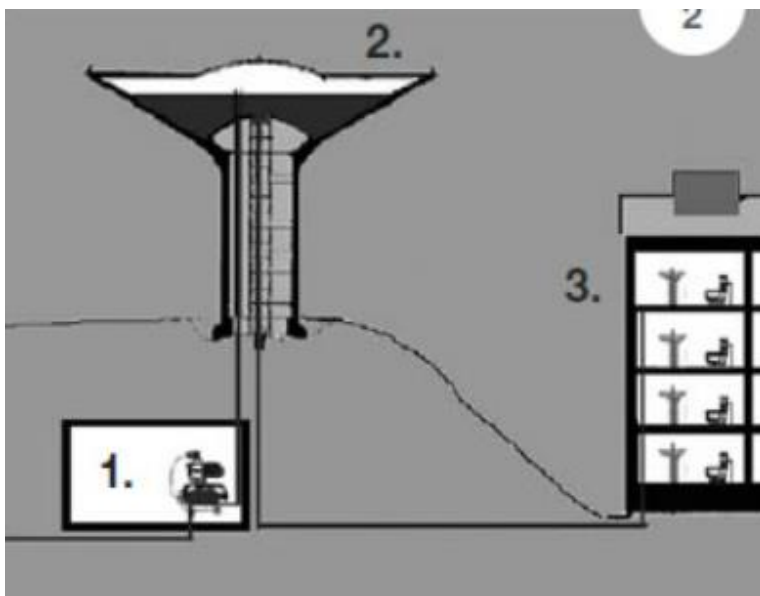
1. osiguranje operativne rezerve vode radi izravnavanja oscilacija u potrošnji vode za kućanske i industrijske potrebe
2. osiguranje požarne rezerve vode
3. osiguranje sigurnosne rezerve vode za vrijeme prekida dotoka vode u vodospremu
4. osiguranje zahtjevne razdiobe tlakova u vodovodnoj mreži, definiranjem visinskog položaja vodospreme i razine vode u vodnim komorama spram potrošača.

Osnovni funkcionalni elementi vodosprema su:

1. vodna ili rezervoarska komora
2. zasunska ili manipulativna komora.

Vodna komora služi za spremanje rezervnih vodnih količina. Uobičajna dubina vode u vodnoj komori je 3 do 4 m, rijetko do 6 m.

Zasunska komora služi za smještaj vodovodnih (manipulativnih) armatura, kraja dovodnog i početka odvodnog cjevovoda, ispusta, preljeva i indikatora razine vode. Vodovodne armature služe za upravljanje vodnim rezervama, ispustom se osigurava kompletno pražnjenje komore (npr. radi čišćenja), dok preljev osigurava najvišu dopuštenu razinu vode u vodnoj komori kako ne bi došlo do prelijevanja preko pregradnih zidova i potapanja zasunske komore.



Slika 10. Na fotografiji je prikazana vodosprema iz koje se crpi voda (izvor: <https://www.webgradnja.hr/images/clanci/1194/1.jpg?1449580125> (25. 04. 2019.))

5.6 Vodoopskrbna mreža

Vodoopskrbnu mrežu čini ukupnost glavnih i razdjelnih cjevovoda s pripadnim oblikovnim komadima i vodovodnim armaturama, međusobno spojenih u funkcionalnu cjelinu, neposredno ili posredno preko pojedinih objekata vodoopskrbnog sustava, radi dovođenja i distribuiranja vode potrošačima.

Vodoopskrbnu mrežu čine:

1. cjevovodi - kojima se voda dovodi i distribuira unutar vodoopskrbnog područja
2. oblikovni (fasonski) komadi – služe za usmjeravanje toka vode, promjenu protjecajnih površina cjevovoda i izvedbu različitih vrsta spojeva
3. vodovodne armature – služe za ispravno funkcioniranje, upravljanje i održavanje vodoopskrbne mreže.

Kako bi vodoopskrbna mreža ispunila osnovne zahtjeve, mora osigurati dostatnu čvrstoću što se očitava kao mehanička otpornost prema različitim vrstama vanjskih i/ili unutarnjih opterećenja. Velik utjecaj imaju i hidraulički gubici koji se nastoje smanjiti postizanjem čim manje hrapavosti površina unutarnjih stijenki. Kako je u pitanju agresivno djelovanje sredine, mora biti osigurana dugotrajnost mrežnih elemenata. Tome pridonosi i težnja čim većem stupnju vodonepropusnosti, a cijeli sustav treba biti osmišljen tako da njegova instalacija i održavanje budu brzi i jednostavni, a ekonomičnost na čim višoj razini.

Vodoopskrbne mreže dijele se prema:

1. materijalu izvedbe: lijevano željezne, čelične, azbest cementne, armiranobetonske i plastične
2. funkciji: glavne (dovodne, opskrbne, dovodno – opskrbne) i razdjelne
3. pogonskom režimu: gravitacijske, potisne i kombinirane
4. načinu tečenja: pod tlakom i kombinirane (pod tlakom i sa slobodnim vodnim licem)
5. shemi: granate i prstenaste

U granatoj mreži voda teče samo u jednom smjeru, od vodospreme prema potrošačima.

Nedostaci granate mreže veći su tlačni gubici, pojava ustajale vode na mnogobrojnim krajevima i prekid opskrbe u slučaju kvara za sve potrošače iza mjesta kvara.

6. SKLOPOVLJE

Izrađeno sklopovlje predstavlja kompletan model s kojim je moguće simulirati različita stanja vodoopskrbnog ustava. Uključiti, odnosno isključiti crpku ili alarmirati SMS porukom korisnika o mogućim prelijevanjima vode ili pak preniskim razinama, kao i na zahtjev korisnika SMS-om vratiti trenutno stanje sustava.

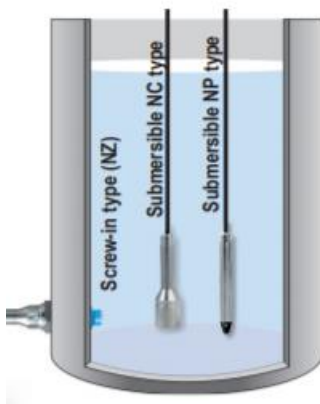
Kod izrade modela nisu korištene skupe hidrostatske sonde za mjerenje razine vode ili mehaničke plovne sklopke, kao ni crpka, već su izvršni elementi pojednostavljeni potencijometrom, tipkalima ili LED diodom.



Slika 11. Prikaz gotovog sklopa, (izvor: autor (13. 06. 2019.))

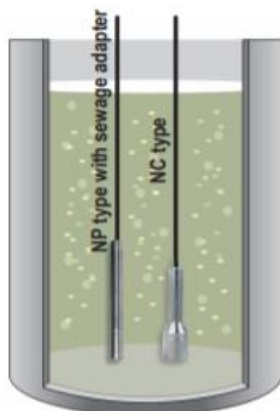
6.1 Hidrostatski transmiteri

Hidrostatski transmiteri dizajnirani su za mjerenje razine čistih i onečišćenih voda. Senzor tlaka na dnu sonde mjeri sumu hidrostatskog tlaka iznad sonde te atmosferskog tlaka. Atmosferski tlak vođen je do senzora kroz kapilaru koja je opremljena s filterom vlage koji sprečava vlagu da dođe u doticaj s elektronikom te je ošteti. To omogućava da se atmosferski tlak oduzme od ukupnog izmjerenog tlaka te se na taj način dobije tlak koji je proporcionalan visini odnosno razini tekućine. Elektronika pretvara signal sa senzora u izlazni signal. Ako je uz razinu tekućine potrebno mjerenje njezine temperature, potrebno je koristiti kombinirani transmieter (razina + temperatura). Za pomoć pri instalaciji i ožičenju transmitera na raspolaganju je širok raspon dodatne opreme. Adapter za otpadne vode koji radi na principu ronilačkog zvona ²⁰ može se postaviti kao zaštitna kapa da se izbjegne direktni kontakt između senzora i onečišćene tekućine koju mjerimo. Dodatna mehanička zaštita ugrađena je u NZ tip transmitera u obliku mehaničkog filtera. N-500 tip može se koristiti u opasnim okolinama, NZ zavrtni preporuča se za primjenu u slučajevima gdje postoji velika opasnost od poplave.



Slika 12. Hidrostatski transmieter za čiste vode. (izvor: <https://mehatronika.com/elektronika/wp-content/uploads/2018/10/NIVOPRESS-N.pdf> (30. 05. 2019.))

²⁰ Ronilačko zvono - komora u obliku zvona s dovodom stlačenoga zraka; upotrebljava se za podvodne radove



Slika 12. Hidrostatski transmitter za onečišćene vode. (izvor: <https://mehatronik.com/elektronika/wp-content/uploads/2018/10/NIVOPRESS-N.pdf> (30. 05. 2019.))



Slika 13. Zavrtni tip transmitera pogodan je za mjesta s visokim rizikom od poplave. (izvor: <https://mehatronik.com/elektronika/wp-content/uploads/2018/10/NIVOPRESS-N.pdf> (30. 05. 2019.))

6.2 Postupak izrade sklopovlja

Sklopovlje radi prema principima i načelima koji su usvojeni tijekom obavljanja stručne prakse u Međimurskim vodama d. o. o. u odsjeku nadzora i upravljanja vodoopskrbnim sustavom.

Programirani model uključuje svjetleću diodu koja predstavlja crpku na unaprijed programski definiranim razinama. U našem slučaju korišten je potenciometar koji predstavlja mjerenje razine vode od 0 do 6 m, stoga na razini od 1,2 m uključuje LED diodu i drži je uključenom tako dugo dok se ne postigne 5,5 m što je gornja razina vode nakon koje se LED dioda ili crpka gasi.

Sklopke (plovne sklopke) predstavljaju dodatnu zaštitu rada od minimalnog nivoa i zaštitu od prelijevanja vode izvan spremnika. Ako bi kojim slučajem prestalo raditi mjerenje razine vode, crpka bi se uključila na sklopku MIN i alarmirala SMS-om korisnika, a ugasila bi se na sklopku MAX te bi također korisnika alarmirala o stanju maksimalne razine vode.

Na modelu je uključena dodatna mogućnost s kojom korisnik može provjeriti stanje svog sustava slanjem SMS poruke „STATUS“ prema modelu. Sklopovlje odgovara na unaprijed programirani broj korisnika s porukom o trenutnoj razini vode u metrima i stanju crpke (uključena / isključena).



Slika 14. Prikaz vodospreme Međimurskih voda. (izvor: <http://medjimurske-vode.hr/galerija/> (25. 04. 2019.))

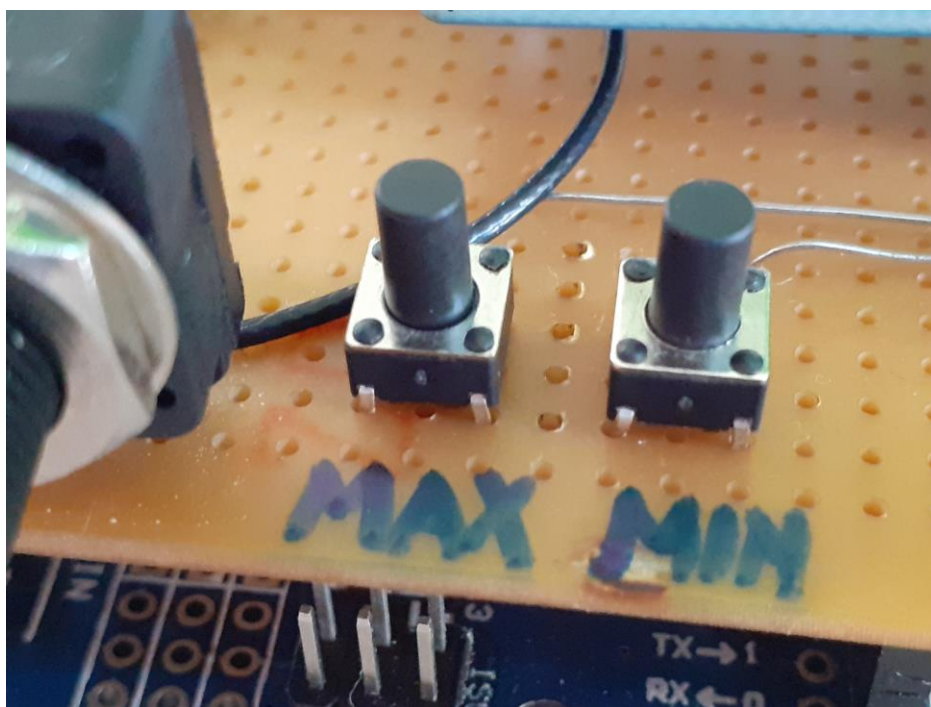
Program započinje s uključanjem biblioteke `SoftwareSerial.h` , inicijalizacije serijske komunikacije na određenim izlazima arduina broj 10 i 9 te deklaracijom svih potrebnih varijabli koje se koriste unutar programa.

```
#include <SoftwareSerial.h>

int sonda = A0;    //ulazni port hidrostatske sonde
float sondaVrijednost = 0.0;
float sondaIzracunato = 0.0;
float sondaMjereno = 0.0;
char ulazniPodaci; //čitanje sms-a
String text;
char statusPoruka[10];
char poruka;

const int ulazMinimum = 6;    //ulazni port plovka minimum
const int ulazMaksimum = 7;  //ulazni port plovka maksimum
const int ledPin = 13;        //izlazna led za kontrolu
const int pumpa = 8;          //izlazni port za uključenje pumpe
int stanjePumpe;
int buttonState1 = 0;
int buttonState2 = 0;
int lastButtonState1 = 0;
int lastButtonState2 = 0;
SoftwareSerial sim(10, 9);
```

U sklopu *setup* funkcije definirani su ulazni portovi za plovne sklopke, tj. u našem slučaju tipkala (minimum i maksimum) kao ulazni, a izvršni elementi pumpa i LED kao izlazi. Pozivanjem *sim.begin(9600)*; funkcije uključuje se serijska komunikacija na odabranoj brzini komuniciranja od 9600 baud-a između ARDUINA i SIM800 komunikacijskog uređaja. Komunikacijski uređaj prima naredbe odnosno AT komande, stoga mu se daljnji rad definira slanjem određenih vrsta komandi koje služe za uspješno postavljanje modula.



Slika 15. Tipkala minimum i maksimum. (izvor: autor (13. 06. 2019.))

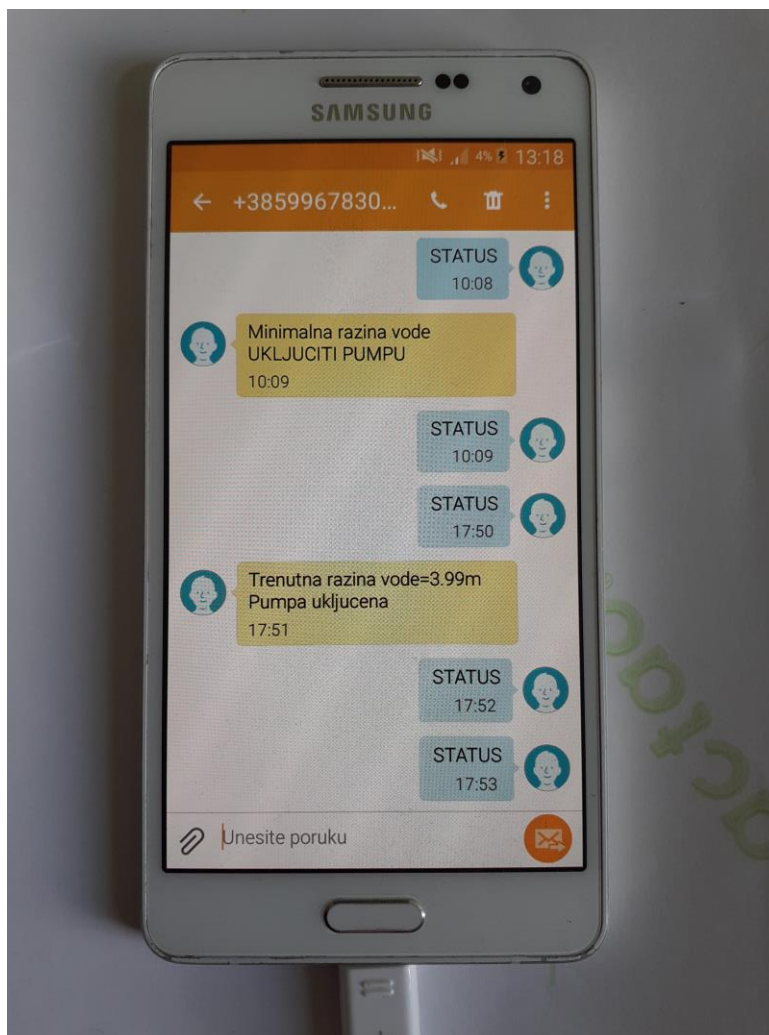
Svakom novom poslanom naredbom osvježavamo serijsku komunikaciju prema računalu kako bismo vidjeli ukoliko je naredba prihvaćena od strane komunikacijskog modula SIM800.

U sklopu *loop* funkcije uzastopno se ponavljaju dijelovi programa. U prvom dijelu programa pregledavamo ukoliko je stigla kakva SMS poruka na komunikacijski uređaj i čitamo njezin sadržaj.

```
if(sim.available()){  
    delay(100);  
    // serijski Buffer  
    while(sim.available()){  
        ulazniPodaci = sim.read();  
        text += ulazniPodaci;  
    }  
    delay(10);  
    //Serial.println(text);  
    text.toUpperCase();  
    if (text.indexOf("STATUS") > -1){  
        //Status Poruka  
        if (stanjePumpe==0){  
            dtostrf(sondaIzracunato, 2, 2, statusPoruka);  
            sim.println("AT+CMGF=1");  
            delay(100);  
            sim.println("AT+CMGS=\""+385955028440"\");  
            delay(100);  
            // updateSerial();  
            sim.print("Trenutna razina vode=");  
            sim.print(statusPoruka);  
            sim.print("m ");  
            sim.print("Pumpa iskljucena");  
            delay(100);  
            // updateSerial();  
            sim.write(26);  
            delay(50);  
        }  
    }  
}
```



```
    }  
    if (stanjePumpe==1){  
        dtostrf(sondaIzracunato, 2, 2, statusPoruka);  
        sim.println("AT+CMGF=1");  
        delay(100);  
        sim.println("AT+CMGS=\""+385955028440+"");  
        delay(100);  
        // updateSerial();  
        sim.print("Trenutna razina vode=");  
        sim.print(statusPoruka);  
        sim.print("m ");  
        sim.print("Pumpa ukljucena");  
        delay(100);  
        // updateSerial();  
        sim.write(26);  
        delay(50);  
    }  
}  
delay(100);  
if (text.indexOf("OK") == -1){  
    sim.println("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"");  
    delay(500);  
}  
text = "";  
}
```

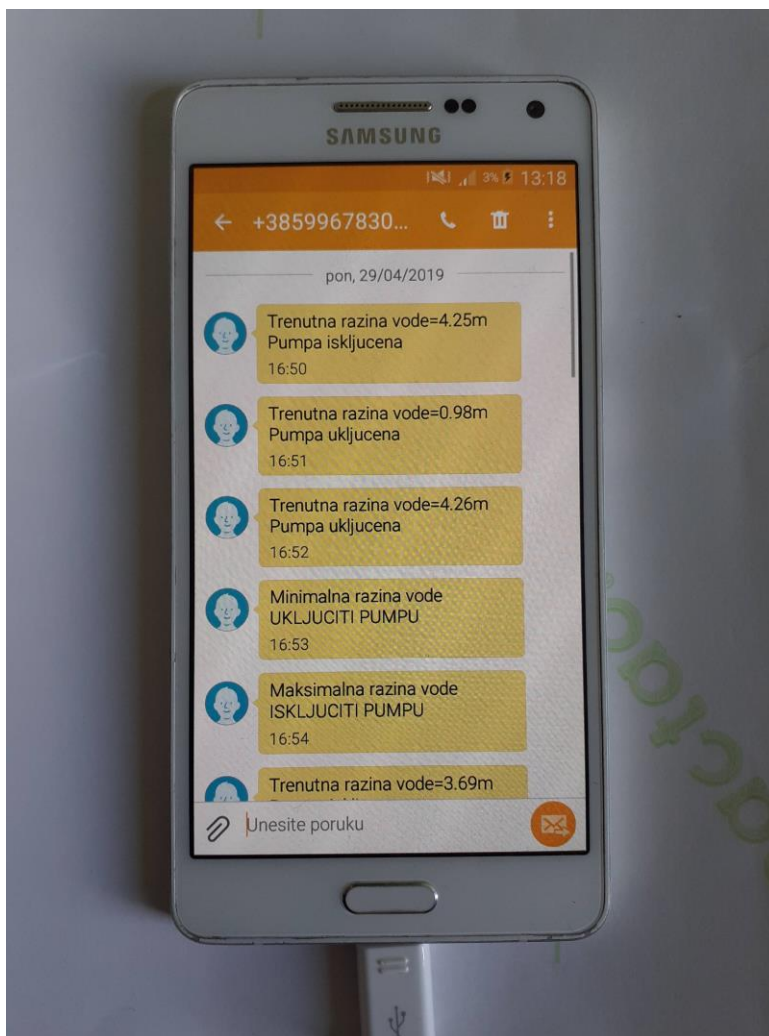


Slika 16. Razmjena poruka između SIM 800l modula i telefona. (izvor: autor (13. 06. 2019.))

Ukoliko je sadržaj primljene poruke „STATUS“, odabranom mobilnom broju šalje se poruka o trenutnoj razini vode i stanju uključenosti, odnosno isključenosti pumpe. Nakon primljene i uspješno poslane poruke ulazni pretinac za spremanje poruka obriše se te se nastavlja s čekanjem nove poruke.

Mjerenje razine vode izvedeno je preko analognog ulaza na koji je spojena hidrostatska sonda. Kako analogno digitalni pretvarač svojim čitanjem postavlja digitalnu vrijednost 0 - 1023 , ukoliko je na ulaz doveden napon od 0-5 V, vrijednost je skalirana i pretvorena u *float* format kao bismo imali decimalno mjerenje od 0.0 do 6.0 m.

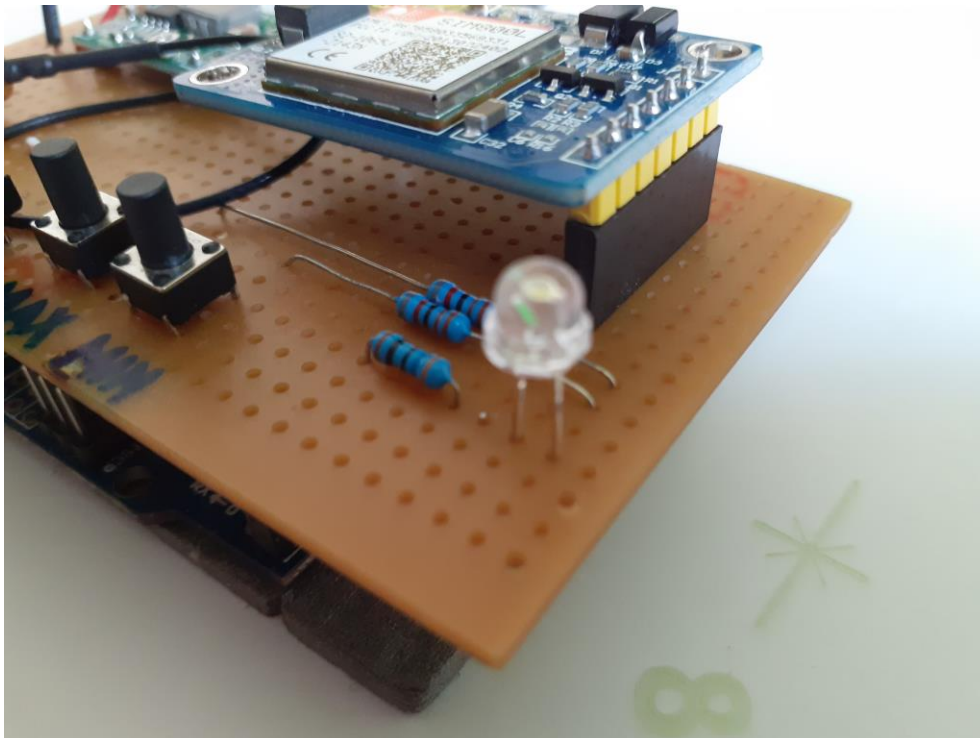
```
sondaMjereno = analogRead(sonda);  
sondaVrijednost = sondaMjereno * (6.0 / 1023.0);  
sondaIzracunato = ceilf(sondaVrijednost * 100) / 100;
```



Slika 17. Informacije o statusu vode koje šalje Arduino na pametni telefon . (izvor: autor (13. 06. 2019.))

Pumpa se uključuje na unaprijed definiranim razinama vode od 1.2 m i gasi ako vrijednost pređe 5.5 m.

```
if(sondaIzracunato <= 1.20 ){           //uključenje pumpe na razinu
    digitalWrite(pumpa, HIGH);
    //Serial.println("Pumpa uključena!");
    stanjePumpe=1;
}
if(sondaIzracunato >= 5.5){             //isključenje pumpe na razinu
    digitalWrite(pumpa, LOW);
    //Serial.println("Pumpa isključena!");
    stanjePumpe=0;
}
```



Slika 18. Prikaz LED diode koja predstavlja pumpu (uključeno/isključeno), (izvor: autor (13. 06. 2019.))

Plovne sklopke, tj. u našem slučaju mikrosklopke podložne su istitravanju kontakata nakon njegovog pritiska (engl. *debouncing*) pa su u programu korištene funkcije koje ublažavaju čitanje ulaznog stanja i eliminiraju eventualne smetnje nastale pritiskom gumba ili zakretanjem plovne sklopke.

```
lastButtonState1 = buttonState1;

buttonState2 = digitalRead(ulazMaksimum);

if (buttonState2 != lastButtonState2) {

    if (buttonState2 == HIGH) {

        // Serial.println("OFF");

        digitalWrite(ledPin, LOW);

        digitalWrite(pumpa, LOW);

        //Serial.println("Plovak pumpa isključena!");

        stanjePumpe=0;

        sim.println("AT+CMGF=1");

        delay(100);

        sim.println("AT+CMGS=\""+385955028440+"\");

        delay(100);

        updateSerial();

        sim.print("Maksimalna razina vode ISKLJUCITI PUMPU");

        delay(100);

        updateSerial();

        sim.write(26);

        delay(50);

    }

    delay(50);

}

lastButtonState2 = buttonState2;

}
```



Slika 19. Potenciometar kao hidrostatska sonda, (izvor: autor (13. 06. 2019.))

6.3 Komunikacija s pametnim telefonom

Sklopovlje spojeno na arduino platformu direktno je povezano s pametnim telefonom koji prima informacije putem SMS poruke. Kada je nivo vode u vodospremi prenizak ili previsok, ta informacija stiže na pametni telefon i daje signal da je potrebna ponovna opskrba vodom. U drugom smislu riječi, crpka dobiva znak da počne crpiti vodu iz bunara i transportirati je do vodospreme, do određenog nivoa.

Na pametni telefon stižu sljedeće alarmne poruke:

- „Maksimalna razina vode ISKLJUCITI PUMPU“
- „Minimalna razina vode UKLJUCITI PUMPU “

7. ZAKLJUČAK

Opisani sustav nadzora u ovom primjeru vodoopskrbe prikazuje se idealnim za male sustave jer su ulaganja u opremu, instalacije i programsku podršku gotovo zanemariva u odnosu na cjelokupni sustav u stvarnom vremenu. U ovom radu prikazano je kako funkcionira transport vode od vodospreme do naselja, na primjeru makete koji je opisan u gore navedenom tekstu. Ovaj je sklop u budućnosti moguće nadograditi *Wi-Fi hotspotom* iz razloga da se studentima, ali i ostalim ljudima koje zanima tematika, omogući besplatno komuniciranje između kontrolera i mobilnog telefona. Takvim potezom riješio bi se problem signala koji je ponekad u prekidu pa nije moguće razmjenjivati informacije u željenom vremenskom razdoblju. Zbog nemogućnosti izvedbe rada sustava u kojem se koristila voda te pravi senzori za razinu, koristio se potencijometar koji zamjenjuje hidrostatsku sondu te se uz pomoću njega improvizira rad sklopovlja.

8. LITERATURA

Arduino, <http://www.arduino.cc/> (02. 05. 2019.))

Arduino UNO, <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (02. 05. 2019.))

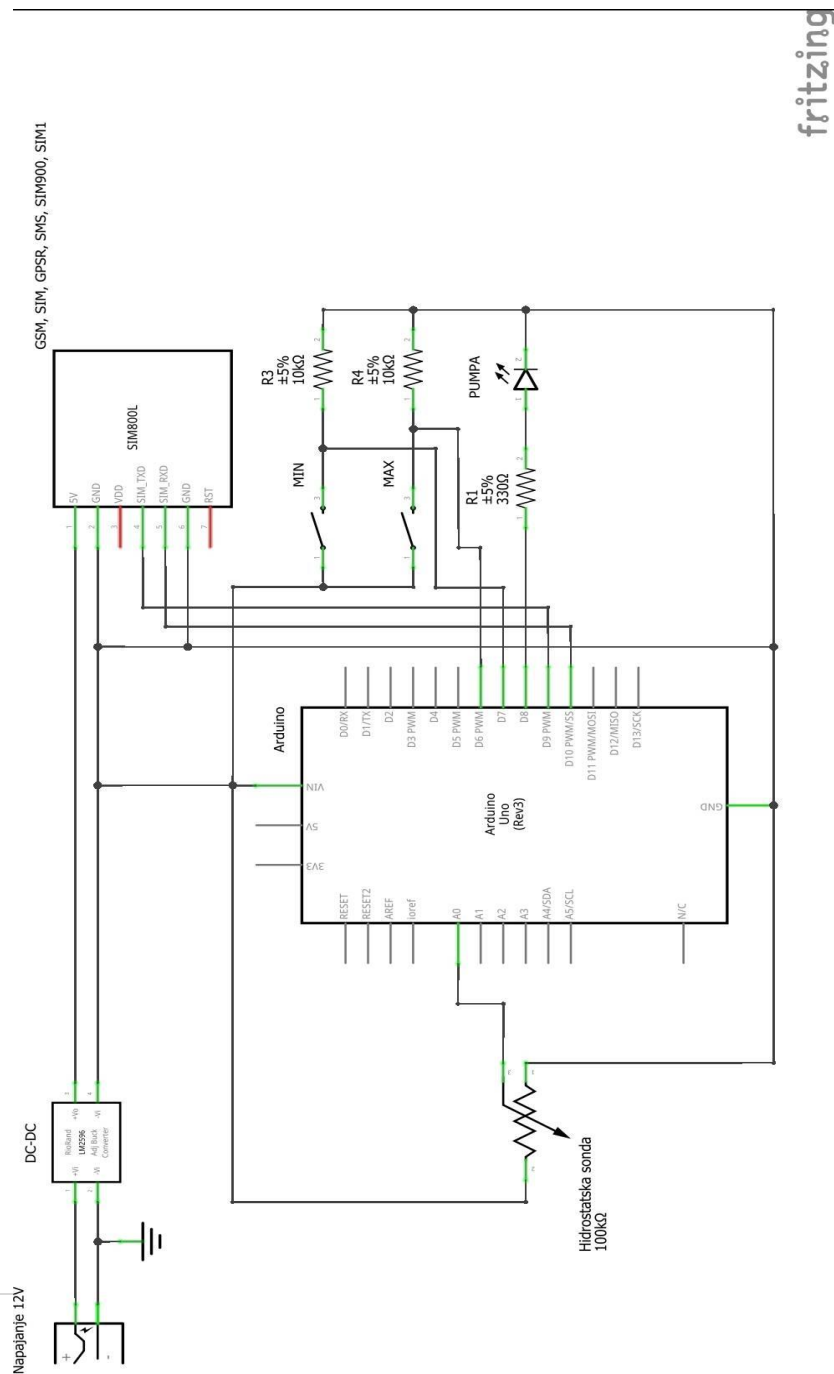
Arduino priručnik, <https://www.arduino.cc/reference/en/> (02. 05. 2019.))

GPRS / GSM Shield, <https://randomnerdtutorials.com/sim900-gsm-gprs-shield-arduino/> (02. 05. 2019.))

GPRS / GSM SIM 800L modul, <https://potentiallabs.com/cart/Buy-gsm-sim-800l-online-hyderabad-india> (02. 05. 2019.))

9. PRILOZI

Prilog 1. Shema spoja Arduino platforme



Prilog 2. Kod

```
#include <SoftwareSerial.h>

int sonda = A0;

float sondaVrijednost = 0.0;
float sondaIzracunato = 0.0;
float sondaMjereno = 0.0;

char ulazniPodaci;

String text;

char statusPoruka[10];

char poruka;

const int ulazMinimum = 6;
const int ulazMaksimum = 7;

const int ledPin = 13;

const int pumpa = 8;

int stanjePumpe;

int buttonState1 = 0;
int buttonState2 = 0;

int lastButtonState1 = 0;
int lastButtonState2 = 0;

SoftwareSerial sim(10, 9);

if(sim.available()){

    delay(100);

    // serijski Buffer

    while(sim.available()){

        ulazniPodaci = sim.read();

        text += ulazniPodaci;

    }

    delay(10);
```

```
//Serial.println(text);

text.toUpperCase();

if (text.indexOf("STATUS") > -1){

    //Status Poruka

    if (stanjePumpe==0){

        dtostrf(sondaIzracunato, 2, 2, statusPoruka);

        sim.println("AT+CMGF=1");

        delay(100);

        sim.println("AT+CMGS=\""+385955028440+"");

        delay(100);

        // updateSerial();

        sim.print("Trenutna razina vode=");

        sim.print(statusPoruka);

        sim.print("m ");

        sim.print("Pumpa iskljucena");

        delay(100);

        // updateSerial();

        sim.write(26);

        delay(50);

    }

    if (stanjePumpe==1){

        dtostrf(sondaIzracunato, 2, 2, statusPoruka);

        sim.println("AT+CMGF=1");

        delay(100);

        sim.println("AT+CMGS=\""+385955028440+"");

        delay(100);

        // updateSerial();

        sim.print("Trenutna razina vode=");

        sim.print(statusPoruka);

        sim.print("m ");

        sim.print("Pumpa ukljucena");

        delay(100);

        // updateSerial();

        sim.write(26);
```

```
        delay(50);
    }

    }

    delay(100);

    if (text.indexOf("OK") == -1){
        sim.println("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"");
        delay(500);
    }

    text = "";
}

sondaMjereno = analogRead(sonda);
sondaVrijednost = sondaMjereno * (6.0 / 1023.0);
sondaIzracunato = ceil(sondaVrijednost * 100) / 100;
if(sondaIzracunato <= 1.20 ){
    digitalWrite(pumpa, HIGH);
    //Serial.println("Pumpa uključena!");
    stanjePumpe=1;
}

if(sondaIzracunato >= 5.5){
    digitalWrite(pumpa, LOW);
    //Serial.println("Pumpa isključena!");
    stanjePumpe=0;
}

lastButtonState1 = buttonState1;
buttonState2 = digitalRead(ulazMaksimum);
if (buttonState2 != lastButtonState2) {
    if (buttonState2 == HIGH) {
        // Serial.println("OFF");
        digitalWrite(ledPin, LOW);
        digitalWrite(pumpa, LOW);
        //Serial.println("Plovak pumpa isključena!");
        stanjePumpe=0;
        sim.println("AT+CMGF=1");
        delay(100);
    }
}
```

```
sim.println("AT+CMGS=\"+385955028440\"");  
  
delay(100);  
  
updateSerial();  
  
sim.print("Maksimalna razina vode ISKLJUCITI PUMPU");  
  
delay(100);  
  
updateSerial();  
  
sim.write(26);  
  
delay(50);  
  
}  
  
delay(50);  
  
}  
  
lastButtonState2 = buttonState2;  
  
}
```